

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
24. Juni 2004 (24.06.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2004/053371 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: F16K 37/00
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2003/004096
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
11. Dezember 2003 (11.12.2003)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
102 57 910.5 11. Dezember 2002 (11.12.2002) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): HEER, Klaus-Peter [DE/DE]; Georg-Römer-Str. 11, 76863 Herxheim (DE).

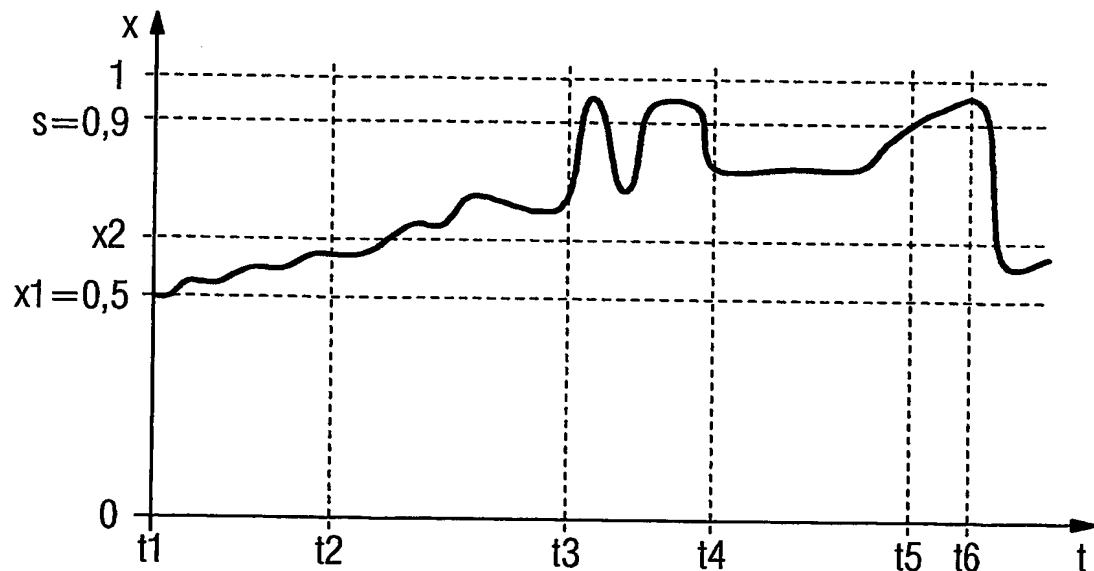
- (74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): CN, US.
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).
- Erklärung gemäß Regel 4.17:  
— hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die folgenden Bestimmungsstaaten CN, europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR)

Veröffentlicht:  
— mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR MONITORING A PIPELINE AND POSITION REGULATOR FOR A CONTROL VALVE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR ÜBERWACHUNG EINER ROHRLEITUNG SOWIE STELLUNGSREGLER FÜR EIN REGELVENTIL



(57) Abstract: The invention relates to a method for monitoring a pipeline in order to detect the slow reduction of the free inner cross-section (A) by means of the position (x) of a control valve (2) in the pipeline. When the flow rate is essentially constant, a first position (x1) is determined and stored at a first moment (t1). According to at least one second position (x2) of the control valve, determined at a second, subsequent moment (t2), the point at which the position (x) of the valve (2) exceeds a pre-determinable threshold value (s) for a valve opening is determined, and optionally a signal is emitted to indicate that the threshold value has been exceeded and/or the time at which it was exceeded. As a result, suitable maintenance measures can be introduced, before faults occur in the process system.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/053371 A1



— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung einer Rohrleitung auf langsame Verringerung des freien Innenquerschnitts (A) mit Hilfe der Stellung (x) eines Regelventils (2) in der Rohrleitung. Bei im Wesentlichen konstantem Durchfluss wird zu einem ersten Zeitpunkt (t1) eine erste Stellung (x1) ermittelt und abgespeichert. In Abhängigkeit zumindest einer zu einem zweiten, späteren Zeitpunkt (t2) ermittelten Stellung (x2) des Regelventils wird ermittelt, wann die Stellung (x) des Ventils (2) einen vorgebbaren Schwellwert (s) für eine Ventilöffnung überschreitet, und gegebenenfalls wird ein Signal zur Anzeige der Überschreitung und/oder des Überschreitungszeitpunktes ausgegeben. Als Folge können geeignete Wartungsmaßnahmen eingeleitet werden, bevor Störungen in einer prozesstechnischen Anlage auftreten.

## Beschreibung

Verfahren zur Überwachung einer Rohrleitung sowie Stellungsregler für ein Regelventil

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung einer Rohrleitung auf langsame Verringerung des freien Innenquerschnitts mit Hilfe der Stellung eines Regelventils in der Rohrleitung sowie einen Stellungsregler für ein Regelventil zur Durchführung des Verfahrens.

In vielen Bereichen der Prozess- und Energietechnik hängt der störungsfreie Betrieb einer Anlage vom Zustand der Rohrleitungen, insbesondere von deren Durchlässigkeit für das jeweilige Prozessmedium ab. Zur Vermeidung kostenintensiver, irregulärer Betriebsunterbrechungen wäre es sinnvoll, wenn bereits im Vorfeld erkannt werden könnte, ob sich eine Rohrleitung im Prozessbetrieb verstopft oder ob sich der freie Innenquerschnitt der Rohrleitung langsam verringert. Derartige Fehler sollten möglichst bereits im Anfangsstadium erkannt werden, bevor eine Verstopfung einer Rohrleitung einen Stillstand der Anlage verursachen kann. Durch eine rechtzeitige Vorwarnung könnte eine Betriebsstörung vermieden werden, indem Wartungsprozesse optimiert und rechtzeitig geeignete Gegenmaßnahmen ergriffen werden.

Bisher wurden Anlagenfahrer mehr oder weniger überrascht, wenn der Durchfluss durch eine Rohrleitung plötzlich durch eine Verstopfung blockiert wurde. Der meist unerwartet auftretende Störfall verursacht dann Produktionsausfälle und damit verbundene, erhebliche Kosten. Eine Möglichkeit, eine Verringerung des freien Leitungsquerschnitts im Vorfeld zu erkennen, ist eine endoskopische Untersuchung der Rohrleitung, die jedoch nur bei Unterbrechung des Prozesses durchführbar ist und somit einen erheblichen Aufwand bedeutet.

Aus der DE-PS 43 42 554 ist ein Verfahren zur Überwachung von Abgastransportsystemen mit einem Regelventil als Stellglied für eine druckgeregelte Abgasabgabe bekannt. Anhand der Kennlinie des Regelventils an der Abgasabgabestelle wird in Abhängigkeit des aktuellen Volumenstroms und des geregelten Abgasdrucks der Druck bestimmt, der bei vollständig geöffnetem Regelventil vorliegen würde. Der sich bei maximalem Volumenstrom ergebende maximale Druckverlust wird anhand des Eingabedrucks und des anhand der Kennlinie ermittelten Abgabedrucks bei vollständig geöffnetem Regelventil ermittelt, als Funktion der Zeit dargestellt und mit dem maximal zulässigen Druckverlust verglichen. Bei Annäherung des Wertes des maximalen Druckverlusts an den Wert des maximal zulässigen Druckverlustes wird der Zeitpunkt der Reinigung des Abgastransportsystems festgelegt. Das Verfahren hat den Nachteil, dass es speziell für die Erfordernisse eines Abgastransportsystems ausgelegt und nicht ohne Weiteres auf andere Rohrleitungssysteme anwendbar ist. Darüber hinaus wird nicht berücksichtigt, dass bei einer Ermittlung des Abgabedrucks für ein vollständig geöffnetes Regelventil anhand dessen Kennlinie wegen des erhöhten Volumenstroms zusätzlich der Druckverlust über der Rohrleitung ansteigt. Die Überwachung ist daher vergleichsweise ungenau.

Ein Stellungsregler für ein Regelventil mit einem Positionsgeber zur Erfassung der Stellung des Ventils und mit einer Einrichtung zur Auswertung der erfassten Stellung ist beispielsweise aus der DE 199 47 129 A1 bekannt. Dort wird ein System zur Diagnose des aktuellen Ventilizustands anhand eines aufgenommenen Schallsignals beschrieben. Insbesondere eine Leckage eines geschlossenen Ventils wird akustisch detektiert.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Überwachung einer Rohrleitung auf langsame Verringerung des freien Innenquerschnitts zu finden, das bei einer Vielzahl prozesstechnischer Anlagen ohne großen Aufwand durchführbar

ist sowie einen Stellungsregler für ein Regelventil, der zur Durchführung des Verfahrens geeignet ist, zu schaffen.

Zur Lösung dieser Aufgabe weist das neue Verfahren der eingangs genannten Art die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Verfahrensschritte auf. In den abhängigen Ansprüchen sind vorteilhafte Weiterbildungen, in Anspruch 7 ein zur Durchführung des Verfahrens geeigneter Stellungsregler für ein Regelventil beschrieben.

Die Erfindung hat den Vorteil, dass die Überwachung einer Rohrleitung auf langsames Verstopfen oder Zuwachsen allein mit den ohnehin bei Regelventilen vorhandenen Mitteln durchführbar ist. Lediglich die Auswerteeinrichtung für den Stellungswert des Ventils, der von einem Positionsgeber, der als Bestandteil des Stellungsreglers angesehen werden kann, erfasst wird, muss zur Durchführung des Verfahrens angepasst werden. Da derartige Auswerteeinrichtungen üblicherweise durch eine Recheneinheit mit geeigneter Software realisiert werden, erfordert dies lediglich eine Anpassung des von der ohnehin vorhandenen Recheneinheit abzuarbeitenden Auswerteprogramms. Die Überwachungsfunktion kann leicht deaktiviert werden, wenn die Voraussetzungen zur Überwachung nicht oder zeitweise nicht gegeben sind. Insbesondere bei einer Anwendung eines Regelventils für eine Regelung auf konstanten Mediendurchfluss durch eine Rohrleitung ist ein im Wesentlichen konstanter Durchfluss des Mediums im überwiegenden Teil der Betriebszeit gegeben. Durch die Beobachtung und Auswertung der zeitlichen Veränderung der Hubstellung des Regelventils wird eine langsame Verringerung des freien Innenquerschnitts der Rohrleitung erkannt. Muss das Ventil bei im Wesentlichen konstantem Durchfluss eines Mediums weiter als eine vorgebbare Schwelle geöffnet werden, so wird ein Signal zur Anzeige der Schwellwertüberschreitung ausgegeben. Aufgrund dieses Anzeigesignals können frühzeitig geeignete Gegenmaßnahmen ergriffen werden. Beispielsweise kann das Signal als Meldesignal für Wartungsbedarf interpretiert werden, so dass beim

nächsten Wartungszyklus der prozesstechnischen Anlage Rohrleitungen gereinigt oder ausgetauscht werden. Betriebsstörungen oder Produktionsausfälle können damit vermieden werden.

Vorzugsweise wird die erste Stellung des Regelventils zu Beginn des Betriebs der prozesstechnischen Anlage, wenn die Rohrleitung noch frei von Ablagerungen ist, ermittelt und abgespeichert. Daraus ergibt sich bei einer Regelung auf konstanten Durchfluss ein Öffnungsgrad des Ventils, der je nach Ausgestaltung der Anlage unterschiedlich sein kann.

In vorteilhafter Weise kann das Verfahren an den jeweiligen Anwendungsfall angepasst werden, indem der Schwellwert in Abhängigkeit der ersten Stellung vorgegeben wird. Der Schwellwert wird dabei in den Bereich zwischen vollständiger Öffnung des Ventils und der ersten Stellung gelegt. Die optimale Lage ist wiederum vom jeweiligen Anwendungsfall, insbesondere von der Ablagerungsgeschwindigkeit und dem zeitlichen Abstand zwischen den Wartungszyklen, abhängig. Als vorteilhaft und für viele Anwendungsfälle geeignet hat es sich erwiesen, ein Anzeigesignal für eine Schwellwertüberschreitung auszugeben, wenn der über die erste Stellung hinaus verbleibende Stellbereich zur Öffnung des Ventils zu 80% verbraucht ist. Damit erfolgt die Anzeige zu einem Zeitpunkt, zu welchem noch ein ausreichend sicherer Abstand vor dem Eintritt von Regelungsproblemen besteht, also bevor eine Regelung auf konstanten Durchfluss wegen zu großen Ablagerungen in der Rohrleitung nicht mehr möglich ist.

Da mit einem langfristig monoton fortschreitenden Ablagerungsprozess auch eine entsprechend langfristige monotone Verschiebung der Stellung des Regelventils einhergeht, können kurzfristige Ausreißer in der Verschiebung, die beispielsweise durch Druckschwankungen verursacht sein können, durch ein Tiefpassfilter, insbesondere durch Bilden eines gleitenden Mittelwertes, bezüglich ihres Einflusses auf das Diagnoseer-

gebnis unterdrückt werden. Dadurch wird ein vorzeitiges Ansprechen der Rohrleitungsüberwachung und eine vorzeitige Ausgabe eines Anzeigesignals bei derartigen Schwankungen vermieden. Selbstverständlich können auch andere Möglichkeiten zur Überprüfung der Plausibilität des Zusammenhangs zwischen Ventilöffnung und Ablagerungen in der Rohrleitung angewandt werden.

Zusätzlich oder alternativ zum direkten Schwellwertvergleich kann die zeitliche Änderung der Position des Regelventils ermittelt und der Zeitpunkt abgeschätzt werden, wann voraussichtlich die Stellung des Regelventils den vorgebbaren Schwellwert überschreiten wird. Das hat den Vorteil, dass eine bessere Wartungsplanung ermöglicht wird, da nicht nur der aktuelle Verstopfungszustand der Rohrleitung, sondern auch die Geschwindigkeit der Verringerung des freien Innenquerschnitts berücksichtigt wird.

Zur Vermeidung einer verfrühten Ausgabe eines Anzeigesignals für eine Schwellwertüberschreitung kann es vorteilhaft sein, den Druck des Mediums in der Rohrleitung zu ermitteln und bei Überschreiten einer zulässigen Abweichung von einem mittleren Wert des Drucks die Überwachung der Rohrleitung auf Verstopfung zu unterbrechen. Die Messung und Auswertung des Medien-drucks in der Rohrleitung kann mit einem einfachen Druckschalter beispielsweise an einer Einspeisestelle hinter einer Pumpe durchgeführt werden. Üblicherweise befinden sich in prozesstechnischen Anlagen vorzugsweise an den Rohrleitungsenden ohnehin Druckmessumformer, deren Messwert ohne weiteren technischen Aufwand in die Auswertung einbezogen werden kann.

Wenn jedoch gewisse Druckveränderungen unvermeidlich sind und diese zu einer allzu häufigen Unterbrechung der Überwachung führen könnten, ist es vorteilhaft, zur Unterdrückung des Einflusses von Druckschwankungen auf die Stellung des Ventils eine Druckkompensation vorzunehmen, die anhand einer vorbe-

stimmten Abhängigkeit der Ventilstellung vom Mediendruck durchgeführt werden kann.

Anhand der Zeichnungen, in denen ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt ist, werden im Folgenden die Erfindung sowie Ausgestaltungen und Vorteile näher erläutert.

Es zeigen:

Figur 1 eine Prinzipdarstellung eines in einer Rohrleitung eingebauten Regelventils und

Figur 2 den prinzipiellen Verlauf der Ventilstellung bei zunehmender Verstopfung der Rohrleitung.

In einer Rohrleitung 1 mit Rohrleitungsabschnitten 1a und 1b einer nicht weiter dargestellten prozesstechnischen Anlage ist gemäß Figur 1 ein Ventil 2 eingebaut, das durch einen entsprechenden Hub eines mit einem Ventilsitz 3 zusammenwirkenden Schließkörpers 4 den Durchfluss eines Mediums 5 steuert. Der Hub wird durch einen pneumatischen Antrieb 6 erzeugt und mittels einer Ventilstange 7 auf den Schließkörper 4 übertragen. Der Antrieb 6 ist über ein Joch 8 mit dem Gehäuse des Ventils 2 verbunden. An dem Joch 8 ist ein Stellungsregler 9 angebracht. Die jeweilige Stellung x des Ventils wird durch einen Positionsgeber 10 erfasst und einer Auswerteeinrichtung 11 zugeführt, welche diesen mit einem über eine Datenschnittstelle 12 von einem Feldbus mit digitaler oder analoger Datenübertragung zugeführten Sollwert vergleicht und ausgangsseitig den pneumatischen Antrieb 6 im Sinne einer Ausregelung der Regeldifferenz steuert. Der Sollwert wird durch einen in der Figur nicht dargestellten Regler so vorgegeben, dass sich ein im Wesentlichen konstanter Durchfluss des Mediums 5 durch die Rohrleitung 1 und somit durch das Ventil 2 einstellt. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel ist zusätzlich eine Pumpe 13 in die Rohrleitung 1 eingebaut, welche den erforderlichen Fließdruck erzeugt. Ein



Druckschalter 14 greift in Fließrichtung hinter der Pumpe 13 den in der Rohrleitung 1 herrschenden Mediendruck ab und liefert ein Signal 15 an die Auswerteeinrichtung 11, welches ein Überschreiten einer zulässigen Abweichung von einem mittleren Wert des Drucks anzeigt. Damit kleinere Schwankungen der Ventilstellung, die unterschiedlichste Ursachen haben können, nicht unmittelbar zu einem Ansprechen der Rohrleitungsüberwachung führen, wird das Stellungssignal zusätzlich zur direkten Zuführung zur Auswerteeinrichtung 11 über einen Tiefpass 16 auf die Auswerteeinrichtung 11 gegeben. Dieser im Ausführungsbeispiel getrennt dargestellte Tiefpassfilter, der eine gleitende Mittelwertbildung realisiert, kann selbstverständlich bei geeigneter Programmierung alternativ durch die Auswerteeinrichtung 11 selbst realisiert sein.

Zur Erläuterung des Funktionsprinzips der Erfindung sind in Figur 1 weiterhin am Bereich des Rohrabschnitts 1a, am Ventil 2 und am Bereich des Rohrabschnitts 1b zu einem ersten Zeitpunkt bei einem Durchfluss des Mediums entstehende Druckdifferenzen  $\Delta p_1$ ,  $\Delta p_5$  bzw.  $\Delta p_2$  und zu einem zweiten, späteren Zeitpunkt entstehende Druckdifferenzen  $\Delta p_3$ ,  $\Delta p_6$  bzw.  $\Delta p_4$  angetragen. Mit der Druckdifferenz  $\Delta p_0$  ist die gesamte Druckdifferenz bezeichnet, die über der Rohrleitung 1 mit den beiden Rohrleitungsabschnitten 1a und 1b sowie über dem Ventil 2 durch den Fluss des Mediums mit konstanter Fließgeschwindigkeit entsteht. Die Überwachung der Rohrleitung auf langsame Verringerung eines freien Innenquerschnitts A erfolgt durch Ermittlung und Auswertung der zeitlichen Veränderung der mit dem Positionsgeber 10 erfassten Stellung  $x$  des Ventils 2, indem durch die Auswerteeinrichtung 11 des Stellungsreglers 9 chronologisch der zeitlich gleitende Mittelwert der Ventilstellung archiviert und ausgewertet wird. Bei Überschreiten eines vorgebbaren Schwellwerts wird eine Warnmeldung als Telegramm über den an die Datenschnittstelle 11 angeschlossenen Feldbus oder ein Strom- oder Spannungssignal an eine Leitstelle ausgegeben. Dadurch wird eine drohende Totalverstopfung der Rohrleitung 1 signalisiert. Im Folgenden soll der

Zusammenhang zwischen der Verstopfung der Rohrleitung 1 und der Stellung  $x$  des Ventils 2 erläutert werden:

Im Betrieb einer prozesstechnischen Anlage regelt das Regelventil den Durchfluss durch die Rohrleitung 1 bei einer durch den Aufbau der Anlage vorgegebenen und weitgehend konstanten Druckdifferenz  $\Delta p_0$  auf einen von einem Prozessregler oder Leitsystem geforderten, meist konstanten Wert. Dabei ist der Wert der Druckdifferenz  $\Delta p_0$  zu einem ersten Zeitpunkt, vorzugsweise bei der Inbetriebnahme mit vollständig von Ablagerungen freien Rohrleitungen, gleich der Summe der Druckdifferenzen  $\Delta p_1$ ,  $\Delta p_5$  und  $\Delta p_2$ . Es gilt somit:

$$\Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_5 = \Delta p_0.$$

Dabei werden die Druckdifferenzen  $\Delta p_1$  und  $\Delta p_2$  durch den jeweiligen Strömungswiderstand im Rohrleitungsabschnitt 1a bzw. 1b und die Druckdifferenz  $\Delta p_5$  durch den Strömungswiderstand des Ventils zum ersten Zeitpunkt bestimmt. Die Druckdifferenz  $\Delta p_5$  ist abhängig von der jeweiligen Stellung des Ventils 2, die mit dem Positionsgeber 10 erfasst wird, und dem zum ersten Zeitpunkt herrschenden Durchfluss. Bei Einsatz des Ventils 2 in einem Regelkreis zur Regelung eines vorgebbaren, im Wesentlichen konstanten Durchflusses wird die Ventilstellung so durch den Antrieb 6 eingestellt, dass der tatsächliche Durchfluss des Mediums 5 durch die Rohrleitung 1 zumindest näherungsweise dem vorgegebenen Wert entspricht.

Bilden sich im Laufe der Zeit Ablagerungen an den Innenwänden der Rohrleitungsabschnitte 1a und 1b der Rohrleitung 1, so steigen Strömungswiderstand und Druckdifferenzen an. Für die zu einem zweiten, späteren Zeitpunkt in den Rohrleitungsabschnitten 1a und 1b bei dem gleichen Durchflusswert herrschenden Druckdifferenzen  $\Delta p_3$  bzw.  $\Delta p_4$  gilt somit:

$$\Delta p_3 + \Delta p_4 > \Delta p_1 + \Delta p_2.$$

Bei gleichbleibender Leistung der Pumpe 13 und auch sonst unverändertem Prozess ist die Gesamtdruckdifferenz  $\Delta p_0$  über der Rohrleitung 1 und dem Ventil 2 im Wesentlichen konstant.

Das heißt, dass durch das Ventil 2 zu dem zweiten Zeitpunkt eine geringere Druckdifferenz  $\Delta p_6$  eingestellt werden muss, um den im Wesentlichen konstanten Durchfluss des Mediums 5 durch die Rohrleitung 1 aufrechtzuerhalten. Die Stellung x des Ventils 2 wird also in Richtung einer Erhöhung der Ventilöffnung verändert. Die jeweilige Stellung x des Ventils 2 wird, wie bereits oben erläutert, durch den Positionsgeber 10 erfasst und an die Auswerteeinrichtung 11 sowohl direkt als auch über einen Tiefpass 16 weitergegeben. Durch eine in der Auswerteeinrichtung 11 vorgenommene Abspeicherung des gleitenden Mittelwerts der Ventilstellung vorzugsweise in regelmäßigen Abständen kann der tendenzielle Verlauf einer Verstopfung der Rohrleitung 1 bestimmt werden. Wenn die Ventilstellung, welche die Öffnung des Ventils 2 wiedergibt, einen vorgegebenen Schwellwert überschreitet, wird ein Signal zur Anzeige dieser Überschreitung über die Schnittstelle 12 auf den Feldbus ausgegeben. Diese kann in einem übergeordneten Leitsystem als Warnsignal interpretiert werden, so dass rechtzeitig geeignete Maßnahmen ergriffen werden können, bevor es zu Störungen in der prozesstechnischen Anlage kommt. Mit Hilfe einer geeigneten Auswertung des Verlaufs der Stellungswerte kann der Zeitpunkt ermittelt werden, wann die Rohrleitung 1 gereinigt oder ausgetauscht werden muss. Kosten, die mit einem unvorhergesehenen Anlagenstillstand verbunden wären, werden somit vermieden. Zudem sind keinerlei endoskopische Vorinspektionen, die mit hohem Aufwand verbunden sind, erforderlich. Mit dem Druckschalter 14 wird der von der Pumpe 13 abgegebene Druck erfasst. Mit diesem Druckschalter 14 wird ein Signal 15 erzeugt, das ein Überschreiten einer zulässigen Abweichung von einem vorgebbaren oder mittleren Druckwert anzeigt. Zeitbereiche, in denen diese Überschreitung erfolgt, können von der Auswertung der Stellungswerte zur Überwachung der Rohrleitung auf Verringerung des freien Innenquerschnitts A ausgenommen werden. Alternativ dazu ist es selbstverständlich möglich, den Druckschalter 14 durch einen Drucksensor zu ersetzen, der Messwerte des Drucks an die Auswerteeinrichtung 11 liefert. In diesem Fall kann

der Einfluss von Schwankungen des Pumpendrucks auf das Überwachungsergebnis eliminiert werden, indem der Zusammenhang zwischen Stellung des Ventils 2 und Druck der Pumpe 13 ermittelt und der Einfluss durch Einfügen eines geeigneten Kompensationsglieds in der Auswerteeinrichtung 11 ausgeglichen wird.

Figur 2 zeigt einen für die Praxis typischen Verlauf der Werte der Stellung  $x$  eines Ventils mit zunehmenden Ablagerungen in den Rohrleitungen einer prozesstechnischen Anlage. An der Abszisse ist die Zeit  $t$ , an der Ordinate die Stellung  $x$  eines Ventils mit einem normierten Wertebereich von 0 bis 1 aufgetragen. Eine Stellung  $x = 0$  entspricht einem geschlossenen, eine Stellung  $x = 1$  einem vollständig geöffneten Ventil. Zu einem ersten Zeitpunkt  $t_1$ , vorzugsweise bei der Inbetriebnahme der prozesstechnischen Anlage, wird ein Wert  $x_1 = 0,5$  der Ventilstellung erfasst und abgespeichert. Während des späteren Betriebs der Anlage werden in regelmäßigen Abständen weitere Werte der Stellung gemessen und abgespeichert, so dass sich der in Diagramm dargestellte Verlauf ergibt. In Abhängigkeit des bei der Inbetriebnahme gemessenen Werts  $x_1 = 0,5$  der Ventilstellung wird ein Schwellwert  $s$  berechnet, bei dessen Überschreitung von derart hohen Ablagerungen in den Rohrleitungen ausgegangen werden muss, dass im nächsten Wartungszyklus eine Reinigung oder ein Austausch der Rohrleitung erforderlich ist. Im gezeigten Ausführungsbeispiel wird der Schwellwert  $s$  festgelegt auf 80% des verbleibenden Stellbereichs, der noch zur weiteren Öffnung des Ventils zur Verfügung steht. Die Schwelle  $s$  wird also auf den Wert 0,9 gesetzt. Zu späteren Zeiten ermittelte Werte der Ventilstellung, beispielsweise eine Stellung  $x_2$  zu einem zweiten Zeitpunkt  $t_2$ , werden mit dem auf die beschriebene Weise vorgegebenen Schwellwert  $s$  verglichen. Ein bei Überschreiten des Schwellwerts  $s$  erzeugtes Anzeigesignal wird als Wartungsbedarf des Rohrleitungssystems interpretiert. Ein Zeitraum zwischen den Zeiten  $t_3$  und  $t_4$ , in welchem überhöhte Druckschwankungen in der überwachten Rohrleitung festgestellt wurden,

wird bei der Auswertung zur Überwachung der Rohrleitung auf langsame Verringerung des freien Innenquerschnitts ausgeblendet, da hier nicht ohne Weiteres von der momentanen Stellung des Ventils auf die Verstopfung der Rohrleitung geschlossen werden kann. Zu einem Zeitpunkt  $t_5$  überschreitet der gemessene Wert der Ventilstellung den Schwellwert  $s$ , so dass hier ein entsprechendes Anzeigesignal erzeugt wird. Im darauf folgenden Wartungszyklus zu einem Zeitpunkt  $t_6$  wird die verstopfte Rohrleitung ausgetauscht. Nach erfolgter Wartung kann wieder mit erheblich geringfügiger geöffnetem Ventil im Wesentlichen derselbe Durchfluss durch die Rohrleitung eingestellt werden.

Anhand des gezeigten Verlaufs wird deutlich, dass alternativ oder ergänzend zur oben beschriebenen Auswertung einer tatsächlichen Schwellwertüberschreitung der Zeitpunkt einer erwarteten Schwellwertüberschreitung anhand einer Trendanalyse ermittelt und ausgegeben werden kann.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Überwachung einer Rohrleitung auf langsame Verringerung des freien Innenquerschnitts (A) mit Hilfe der Stellung (x) eines Regelventils (2) in der Rohrleitung (1), d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass bei im Wesentlichen konstantem Durchfluss eines Mediums durch das Regelventil (2) zu einem ersten Zeitpunkt (t1) eine erste Stellung (x1) des Regelventils (2) ermittelt und abgespeichert wird, dass zumindest zu einem zweiten, späteren Zeitpunkt (t2) eine zweite Stellung (x2) des Regelventils (2) ermittelt wird, dass ermittelt wird, wann die Stellung (x) des Ventils (2) einen vorgebbaren Schwellwert (s) für eine Ventilöffnung überschreitet, und dass ein Signal zur Anzeige der Überschreitung und/oder des Überschreitungszeitpunktes ausgegeben wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass der Schwellwert (s) in Abhängigkeit der ersten Stellung (x1) des Regelventils (2) vorgegeben wird, insbesondere zu 80%iger Öffnung bezogen auf den Stellbereich zwischen vollständiger Ventilöffnung und der ersten Stellung (x1).
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass das Stellungssignal durch ein Tiefpassfilter (16), insbesondere durch Bilden eines gleitenden Mittelwerts, vor Ermittlung der Ventilstellung geglättet wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die zeitliche Änderung der Position (x) des Regelventils (2) ermittelt und der Zeitpunkt abgeschätzt wird, wann voraussichtlich die Stellung (x) des Regelventils (2) den vorgebbaren Schwellwert (s) überschreiten wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Druck des Mediums in der Rohrleitung (1) ermittelt wird und dass bei Überschreiten einer zulässigen Abweichung von einem mittleren Wert des Drucks die Überwachung der Rohrleitung (1) auf Verringerung des freien Innenquerschnitts (A) unterbrochen wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Unterdrückung des Einflusses von Druckschwankungen auf die Stellung des Ventils eine Druckkompensation anhand einer vorbestimmten Abhängigkeit der Ventilstellung vom Mediendruck durchgeführt wird.

7. Stellungsregler für ein Regelventil (2) mit einem Positionsgeber (10) zur Erfassung der Stellung (x) des Ventils (2) und mit einer Einrichtung (11) zur Auswertung der erfassten Stellung, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswerteeinrichtung (11) derart ausgebildet ist, dass bei einer Verwendung des Regelventils (2) in einem Regelkreis zur Regelung auf konstanten Durchfluss eines Mediums durch eine Rohrleitung (1) zur Überwachung der Rohrleitung auf langsame Verringerung des freien Innenquerschnitts (A) mit Hilfe der Stellung (x) des Regelventils (2) zu einem ersten Zeitpunkt (t1) eine erste Stellung (x1) des Regelventils (2) ermittelt und abgespeichert wird, dass zu einem zweiten, späteren Zeitpunkt (t2) zumindest eine zweite Stellung (x2) des Regelventils (2) ermittelt wird, dass ermittelt wird, wann die Stellung (x) des Ventils (2) einen vorgebbaren Schwellwert (s) für eine Ventilöffnung überschreitet, und dass ein Signal zur Anzeige der Überschreitung und/oder des Überschreitungszeitpunktes ausgegeben wird.

1/1

FIG 1

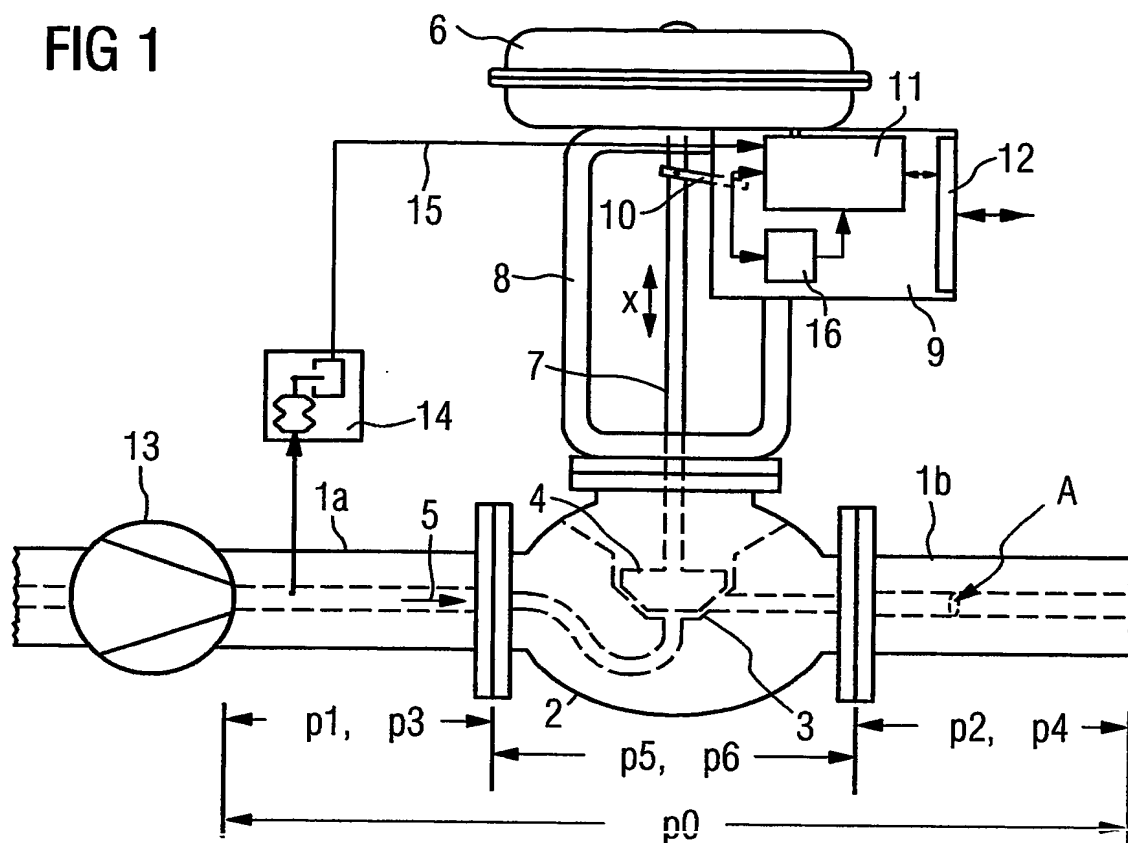
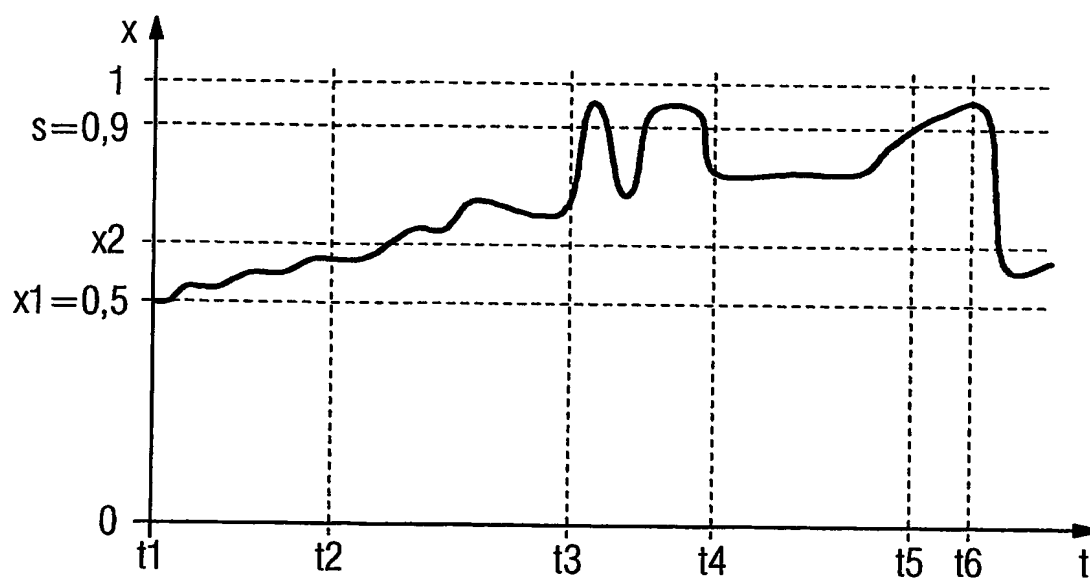


FIG 2





# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/D/03/04096

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 F16K37/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 F16K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EP0-Internal

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 43 42 554 A (BUNA GMBH) 22 June 1995 (1995-06-22) cited in the application the whole document	1,7
A	DE 199 47 129 A (SIEMENS AG) 5 April 2001 (2001-04-05) cited in the application the whole document	1,7
A	EP 0 708 389 A (NELES JAMESBURY OY) 24 April 1996 (1996-04-24) page 5, line 8. - line 36; figures 1,4	1,7

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 April 2004

Date of mailing of the international search report

27/04/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Lanel, F-B

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP03/04096

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 4342554	A	22-06-1995	DE 4342554 A1	22-06-1995
DE 19947129	A	05-04-2001	DE 19947129 A1	05-04-2001
			CA 2386145 A1	12-04-2001
			WO 0125662 A2	12-04-2001
			DE 50002007 D1	05-06-2003
			EP 1216375 A2	26-06-2002
			US 2003019297 A1	30-01-2003
EP 0708389	A	24-04-1996	DE 69515096 D1	23-03-2000
			DE 69515096 T2	20-07-2000
			EP 0708389 A1	24-04-1996
			US 5748469 A	05-05-1998

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/03/04096

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 F16K37/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoffe (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 F16K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)  
EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 43 42 554 A (BUNA GMBH) 22. Juni 1995 (1995-06-22) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1,7
A	DE 199 47 129 A (SIEMENS AG) 5. April 2001 (2001-04-05) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1,7
A	EP 0 708 389 A (NELES JAMESBURY OY) 24. April 1996 (1996-04-24) Seite 5, Zeile 8 - Zeile 36; Abbildungen 1,4	1,7

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

19. April 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

27/04/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Lanel, F-B

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationaler Aktenzeichen

PCT/03/04096

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 4342554	A	22-06-1995	DE 4342554 A1	22-06-1995
DE 19947129	A	05-04-2001	DE 19947129 A1	05-04-2001
			CA 2386145 A1	12-04-2001
			WO 0125662 A2	12-04-2001
			DE 50002007 D1	05-06-2003
			EP 1216375 A2	26-06-2002
			US 2003019297 A1	30-01-2003
EP 0708389	A	24-04-1996	DE 69515096 D1	23-03-2000
			DE 69515096 T2	20-07-2000
			EP 0708389 A1	24-04-1996
			US 5748469 A	05-05-1998